

УДК 53.043

*Бородина А.А.,*

*Зверева Т.С.*

*студенты*

*факультет «Физико-математический»*

*Воронежский государственный педагогический университет,*

*г. Воронеж*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТА МЁССБАУЭРА В СОВРЕМЕННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

*Аннотация: Эффект Мёссбауэра — это резонансное испускание и поглощение гамма-лучей без отдачи. Имеет существенно квантовую природу и наблюдается при изучении кристаллических, аморфных и порошковых образцов, содержащих один из 87 изотопов 46 элементов. В статье рассматривается изучение физических основ метода мёссбауэровской спектроскопии, а также знакомство с практическим применением эффекта Мёссбауэра и перспективами развития мёссбауэровской спектроскопии.*

*Ключевые слова: эффект Мёссбауэра, мёссбауэровская спектроскопия, гамма-лучи, металлоорганические соединения, квантовая физика.*

*Borodina A.A.,*

*Zvereva T.S.*

*students*

*faculty of Physics and mathematics»*

*Voronezh state pedagogical University, Voronezh*

## **APPLICATION OF THE MÖSSBAUER EFFECT IN MODERN PHYSICAL RESEARCH**

*Abstract: The Mössbauer effect is the resonant emission and absorption of gamma rays without recoil. It has an essentially quantum nature and is*

*observed in the study of crystalline, amorphous and powder samples containing one of 87 isotopes of 46 elements. The article deals with the study of the physical foundations of the method of Mössbauer spectroscopy, as well as an acquaintance with the practical application of the Mössbauer effect and the prospects for the development of Mössbauer spectroscopy.*

**Keywords:** *Mössbauer effect, Mössbauer spectroscopy, gamma rays, organometallic compounds, quantum physics.*

С помощью эффекта Мёссбауэра физики сумели засвидетельствовать предсказание Эйнштейна о том, что длина волны излучения, проходящего в гравитационном поле, испытывает на себе изменение. Это было проверено просто путем установки источника несколькими метрами выше поглотителя в гравитационном поле Земли. В таких условиях длина волны излученных  $\gamma$ -лучей уже не совпадала в точности с длиной волны, необходимой для возбуждения ядер мишени из основного состояния. Такие применения эффекта Мёссбауэра, безусловно, весьма далеки от исследований химической природы вещества.

Эффект Мёссбауэра хоть и является полезным инструментом в руках физиков, но он так же полезен для химико-физиков. Нами известная спектроскопия, основанная на эффекте Мёссбауэра, имеет широкое применение в области изучения химических связей, строения молекул и распределения электронного заряда вокруг атомов. Благодаря этому методу учёные получают фундаментальную информацию о том, каким образом атомы образуют молекулярные структуры. Данная спектроскопия, так же как и спектроскопия, основанная на ядерном магнитном резонансе, обеспечивает информацией о молекулах, получая данные с помощью изучения внутреннего строения атомных ядер. Она оперирует на более глубоком уровне, чем инфракрасная спектроскопия и дифракция рентгеновских лучей, где информация приходит в основном от электронов.

Мёссбауэровская спектроскопия также широко используется при изучении металлоорганических соединений, в которых центральный атом соединен с одной или более окружающими группами связью металл — углерод. В 1961 г. Г. Стоклер, Г. Вертхейм и автор опубликовали результаты первых мёссбауэровских экспериментов с соединением такого типа — $(C_5H_5)_2Fe$ . С тех пор накопилась уже обширная информация о мёссбауэровских спектрах металлоорганических соединений, особенно о соединениях с железом и оловом. Большая работа по расшифровке структур оловоорганических полимеров проводится в течение последних лет в СССР группой, работающей под руководством В. И. Гольданского в Институте химической физики АН СССР. Одной из типичных исследуемых ими проблем является изучение соединений вида  $R_2Sn$  (где R — органический радикал, такой, как метил, этил или фенил). Было известно, что эти соединения неустойчивы и что они со временем заметно изменяют свои физические свойства.

Изучение свойств поверхностных слоев наночастиц является, как известно, не только актуальной, но и трудной задачей физики твердого тела. Выбор метода исследований, в подобного рода задачах, должен быть таким, чтобы он позволил отдельно «увидеть» поверхностные и глубинные слои атомов в составе наночастиц. с помощью мессбауэровской спектроскопии

можно не только получать количественную информацию о свойствах поверхностных слоев, но и оценивать размер частиц.

Метод основан на реставрации функции распределения  $p$  какого-либо одного из параметров в спектре мессбауэровских ядер в системе ультрамалых частиц. Наибольший интерес в связи с этим представляет изотоп  $^{57}Fe$ , для которого вариации параметров спектра, обусловленные изменениями ближайшего окружения ядра, могут быть достаточно надежно зарегистрированы.

Особенно удобной для целей исследования оказывается функция распределения сверхтонких магнитных полей  $p(H_n)$  ввиду высокой чувствительности поля  $H_n$  к характеру ближайшего окружения ядра  $^{57}\text{Fe}$ . Если удастся выделить ту часть  $S_e$  суммарной площади  $S = S_e + S_i$  под кривой  $p(H_n)$ , которая соответствует «поверхностным» атомам ( $S_i$  — вклад в  $S$  от «внутренних» атомов железа), то по этим данным можно оценить размер частиц. Действительно, принимая объемы «поверхностной» и «внутренней» областей равными соответственно  $V_e = 4\pi r^2 \Delta r$  и  $V_i = 4/3\pi r^3$  ( $r$  — радиус частицы,  $\Delta r$  — толщина «поверхностной» области), будем иметь приближенно

$$S_e/S_i = 3 \frac{\Delta r}{r}, \quad (1)$$

поскольку  $S_e/S_i > V_e/V_i$ .

Объект исследований ультрадисперсный порошок магнетита, полученный стандартным методом химической конденсации. Средний размер частиц магнетита по данным электронной микроскопии составлял  $d$  ( $= 2r$ )  $\approx 7.5 \pm 0.5$  nm. Источником излучения служил изотоп  $^{57}\text{Co}$  в матрице Sr. Для получения функции распределения магнитных полей  $p(H_n)$  на ядрах  $^{57}\text{Fe}$  в исследуемой системе наночастиц был использован формализм «реставрации и повышения качества изображений».

Выбор магнетита для исследований связан с тем, что его кристаллическая и магнитная структуры хорошо изучены. Кроме того, хорошо известны особенности мессбауэровского спектра ядер  $^{57}\text{Fe}$  в «массивных» частицах этого ферримагнитного окисла. Принималось во внимание, в частности, то, что по мере уменьшения размера частиц магнетита  $d$  температура Вервея для них заметно повышается, причем для наночастиц она выше комнатной, тогда как для «массивных» составляет 119 К.

Значение эффекта Мессбауэра для науки и техники определяется его огромной чувствительностью: достаточно измерить энергию гамма-кванта на одну триллионную часть, а в некоторых случаях ещё в тысячи раз меньше, как резонансное поглощение или рассеяние полностью исчезает. Таким образом, инженеры и учёные получили чувствительнейший индикатор любых воздействий, которые могут изменить энергию ядра-излучателя или ядра-поглотителя. Например, благодаря эффекту Мёссбауэра становится возможным оценить размеры наночастиц.

#### **Использованные источники:**

1. Белозерский Г.Н. Мёссбауэровская спектроскопия как метод исследования поверхностей / Г.Н. Белозерский.– М.: Энергоатомиздат, 1990. – 350 с.
2. Мастеров В.Ф. Мёссбауэровская спектроскопия / В.Ф. Мастеров// Соросовский образовательный журнал. – 1998. – №8. – С.82 – 87.
3. Овчинников В.В., Мессбауэровские методы анализа атомной и магнитной структуры сплавов / В. В. Овчинников. – М.: Физматлит, 2002. – 256 с.