

НАБЛЮДЕНИЕ СКАЧКОВ МАГНИТНОГО МОМЕНТА В C_{60} В МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ СВЫШЕ 200 ТЛ

В. В. Платонов, М. П. Монахов, О. М. Таценко

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»,
пр. Мира, 37, Саров, Нижегородская область, 607188, Россия

Долгое время считалось, что магнитное упорядочение невозможно в соединениях с s и p – орбиталями, являющихся основой органических соединений (азот, углерод, фосфор и др.). Однако с открытием фуллеренов C_{60} появилась надежда обнаружить магнитное упорядочение в аллотропных соединениях углерода, так как в них наблюдаются необычный диамагнетизм. Он должен быть обусловлен кольцевыми токами возникающими в магнитном поле в кольцах образованных π -электронами, как и в бензоле. Так как радиус фуллерена больше чем бензольное кольцо, то и молярная восприимчивость C_{60} должна быть в 41 раз больше. Однако, экспериментальное значение магнитной восприимчивости $\chi(C_{60})$ близкой к нулю. Это парадокс можно объяснить взаимной компенсацией диамагнитного и парамагнитного Ван-Флековского вкладов. Существование Ван-Флековского парамагнетизма в молекулы C_{60} указывает на то, что π -электронный потенциал несферический, должны существовать близлежащие возбужденные состояния и, в этой связи, можно ожидать необычное поведение намагниченности фуллерена в сверхсильных магнитных полях.

Наличие вблизи основного состояния виртуальных возбужденных состояний может способствовать переходу фуллерена из низкоспинового в высокоспиновое состояние. Для поиска высокоспиновых состояний нами были проведены эксперименты в сверхсильных магнитных полях до 600 Тл. Сверхсильные магнитные поля создавались взрывным сжатием магнитного потока в магнитокумулятивном генераторе МК-1 [1]. В нем отсутствовали промежуточные каскады, что снижает предельную величину магнитного поля, но позволяет получать гладкий импульс вплоть до 600 Т и с высокой точностью можно определять критические поля фазовых переходов, при которых происходят скачки магнитного момента [2–4].

Для их регистрации использовалась индукционная методика измерения дифференциальной магнитной восприимчивости. Датчиком намагниченности являлась пара хорошо скомпенсированных индукционных катушек, в одной из которых помещается образец. Без образца сигнал с индукционного датчика должен быть нулевым. С образцом он должен быть пропорционален производной намагниченности. На рис. 1 представлены сигналы

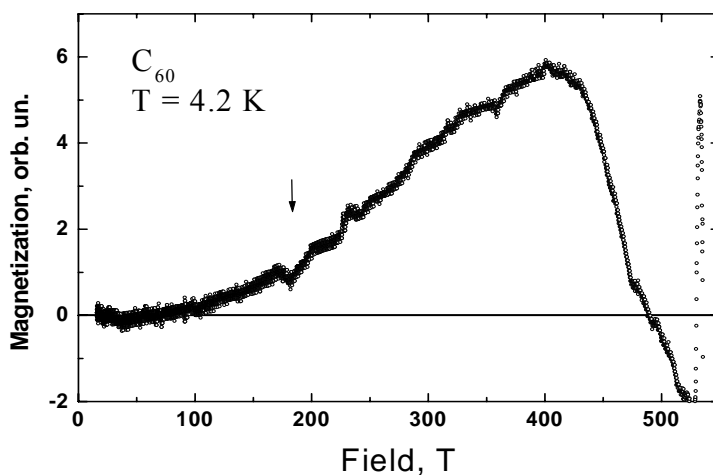


Рис. 1. Зависимость намагниченности в соединении C_{60} от магнитного поля

$V(t)$ с индукционных датчиков пропорциональные производным магнитного поля $V(t) = S \cdot dB/dt$ и магнитной восприимчивости $V(t) = S_1 \cdot dM/dt - S_2 \cdot K B d/dt$, где S_1 – площадь витков индукционных датчиков ($S \perp B$), K – коэффициент раскомпенсации катушек в компенсационной паре. Добиться полной компенсации индукционных катушек в одноразовых экспериментах достаточно сложно. Например, что бы сигнал раскомпенсации не превышал 10% при скорости нарастания магнитного поля $\approx 10^8$ Т/с, точность изготовления катушек должна быть лучше 1%.

Измерение магнитных полей проводится набором одновитковых индукционных датчиков различного диаметра. Измерительные датчики монтируются на штоке и помещаются в проточный гелиевый криостат.

Так как магнитное поля в МК-генераторе нарастает плавно, то на фоне постоянной составляющей сигнала можно отчетливо наблюдать скачки, характерные для скачков намагниченности магнетиков с фазовым переходом I рода. Проведенные измерения дифференциальной магнитной восприимчивости показали, что в полях превышающих 200 Тл наблюдается серия скачков амплитудой до $0,1\mu_B$. В поле выше 400 Тл зарегистрировано существенное изменение сигнала намагниченности с широким плавным ростом.

Область регистрации спектра

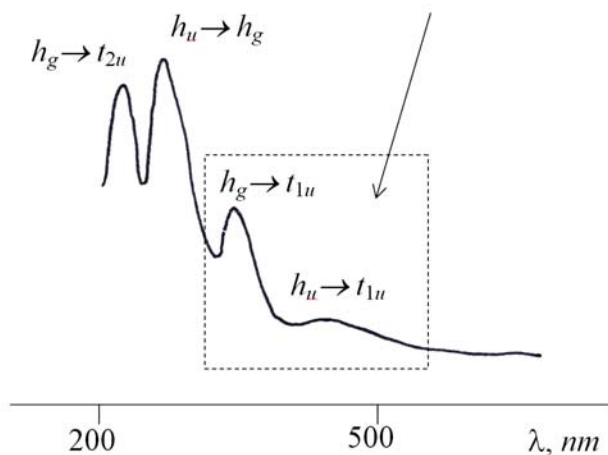


Рис. 2. Область спектра линий поглощения в фуллере

Так как все молекулярные орбитали в молекуле C_{60} насыщены и магнитный момент равен нулю, то причиной появления скачков намагниченности может быть обусловлен разрывом химических

связей С – С. Величина энергии, необходимая для этого, равна 1,6 эВ. Обрыв связи можно определить по изменению оптического спектра, например, наблюдая переход $h_u \rightarrow t_{1u}$, который лежит в диапазоне длин волн 300–550 нм, см. рис. 2. Эксперименты по измерению оптического спектра были выполнены в полях до 800 Тл. Спектр регистрировался фотоэлектронным регистратором. В качестве источника излучения использовалось свечение аргона при ударном сжатии. Результаты измерения спектра показаны на рис. 3.

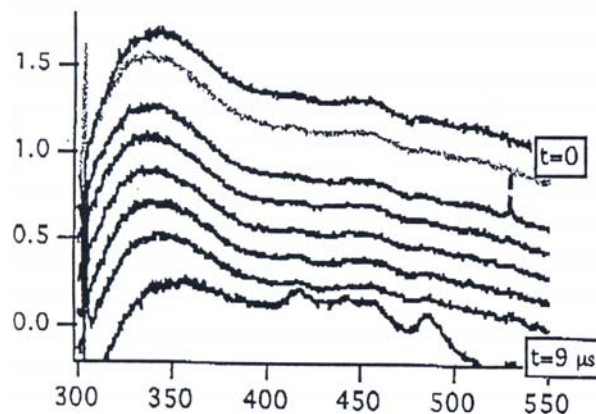


Рис. 3. Изменение спектра оптического поглощения в фуллере при изменении магнитного поля

Как видно существенного изменения спектра, не обнаружено. Только в конце импульса видны изменения, которые не могут объяснить появление особенностей в полях 200 Тл. Поэтому можно предположить существование молекулярных орбиталей связанных с топологическими особенностями фуллера в магнитном поле. Деформация фуллера должна способствовать переходу его в высокоспиновое состояние посредством скачком в промежуточное состояние и *sp*-гибридизацией.

Список литературы

1. Павловский А. И., Долотенко М. И., Колокольчиков Н. П., Быков А. И., Егоров Н. И., Таценко О. М. // Письма в ЖЭТФ, 1983. 38, 437.
2. Звездин А. К., Лубашевский И. А., Левитин Р. З., Платонов В. В., Таценко О. М. // УФН. 1998. 168, 1143.
3. Платонов В. В., Таценко О. М., Селемир В. Д., Шига М. // ФТТ, 2002. 44, 304.
4. Кудасов Ю. Б., Волков А. Г., Повзнер А. А. и др. // ЖЭТФ, 1999. 116 1770.