

## ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ

УДК 53.082.79

DOI: 10.17223/00213411/62/12/178

В.В. ДАВЫДОВ<sup>1,2,3</sup>, Н.С. МЯЗИН<sup>1</sup>

## О ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНСТАНТЫ КЮРИ И МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ МЕТОДОМ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

Предложена новая универсальная методика определения константы Кюри  $C$  и магнитной восприимчивости коллоидных растворов, размещенных в герметичных объемах (например, феррофлюидные ячейки) с погрешностью не более 1.0 %. Экспериментальные исследования показали, что в диапазоне температур  $T$  от 283 до 323 К, при которых применяются феррофлюидные ячейки, закон Кюри выполняется. Установлено, что увеличение температуры  $T$  коллоидного раствора с 324 до 363 К в феррофлюидной ячейке приводит к незначительному увеличению  $C$ , которое необходимо учитывать при проведении экспериментов с использованием данных ячеек. Представлены результаты исследований коллоидных растворов.

**Ключевые слова:** ядерный магнитный резонанс, магнитное поле, магнитная восприимчивость, константа Кюри, коллоидный раствор, температура, линия нутации.

## Введение

Для экспериментальных исследований и измерений различных физических величин особый интерес представляют коллоидные растворы, которые сейчас находят множество применений в науке, технике и медицине [1–5]. В большинстве случаев их использования (например, в датчиках угла наклона, датчиках температуры, акселерометрах, термомагнитных системах охлаждения термоядерных реакторов и т.д.) требуются знания намагниченности насыщения  $M_n$ , зависимости магнитной восприимчивости  $\chi$  от температуры  $T$  и константы Кюри  $C$  [4–8]. Данные величины коллоидных растворов связаны между собой следующими соотношениями [5, 6, 9–12]:

$$\chi = C/T. \quad (1)$$

По измеренному значению  $\chi$ , используя (1), определяется константа Кюри  $C$  при температуре  $T$ , которую можно контролировать с высокой точностью [2–5, 9]. Значение намагниченности насыщения  $M_n$  необходимо для расчета с помощью формулы Ланжевена зависимости константы Кюри  $C$  коллоидного раствора от  $T$ , магнитного момента наночастицы  $P$  и т.д. Данная зависимость описывается следующим соотношением [6, 8]:

$$C = M_n P \mu_k \text{La}(\zeta)/(\zeta k), \quad (2)$$

где  $\text{La}$  – функция Ланжевена;  $\zeta = P B/(kT)$  – параметр Ланжевена;  $B$  – индукция магнитного поля, в котором размещен коллоидный раствор;  $\mu_k$  – магнитная проницаемость коллоидного раствора.

Используя экспериментально измеренные значения  $M_n$ ,  $B$ ,  $T$  и  $C$ , можно с помощью (2), применяя гипотезу Ланжевена о равномерном распределении значения магнитного момента от 0 до  $P_m$  (максимального) наночастиц в коллоидном растворе, оценить функцию распределения наночастиц по размерам в коллоидном растворе [6]. В случае, если коллоидный раствор состоит из однотипных магнитных наночастиц (например, магнетита или гематита) с близкими к друг другу размерами, то для оценки значения его константы Кюри  $C$  можно использовать следующее соотношение [1, 5, 6, 9]:

$$C = nP^2\mu_k/3k, \quad (3)$$

где  $n$  – концентрация магнитных наночастиц.

Соотношение (3) позволяет определять  $n$  по измеренному значению  $C$ , если для коллоидного раствора известен сорт (тип) магнитной наночастицы (например, магнетит или гематит), а также её размеры.

Для измерения значений  $C$  и  $\chi$  коллоидных растворов с погрешностью менее 1 %, а также для проведения различных исследований с их использованием разработано большое число методов [1, 3, 5–10]. Принцип измерения значений  $C$  и  $\chi$  в этих методах в основном реализован на размещении специализированной кюветы с коллоидным раствором в приемно-передающей катушке индуктивности («индукторе») измерительного прибора, например импульсного ядерно-магнитного спек-

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>