

### 3.4.1 Диа- и парамагнетики

Александр Романов Б01-107

## 1 Введение

### 1.1 Цель работы

Измерение магнитной восприимчивости диа- и парамагнитного образцов.

### 1.2 В работе используется

Электромагнит, весы, милливеберметр, регулируемый источник постоянного тока, образцы.

## 2 Работа

### 2.1 Подготовка

Для начала снимем зависимость магнитного потока  $\Phi$ , пронизывающего милливеберметр от тока  $I$ :

$I$ , amp	$B$ , mT
0,3	99
0,6	185,3
0,91	288,6
1,20	372,5
1,5	463
1,81	545
2,2	653,7
2,6	735,2
3,02	806,9

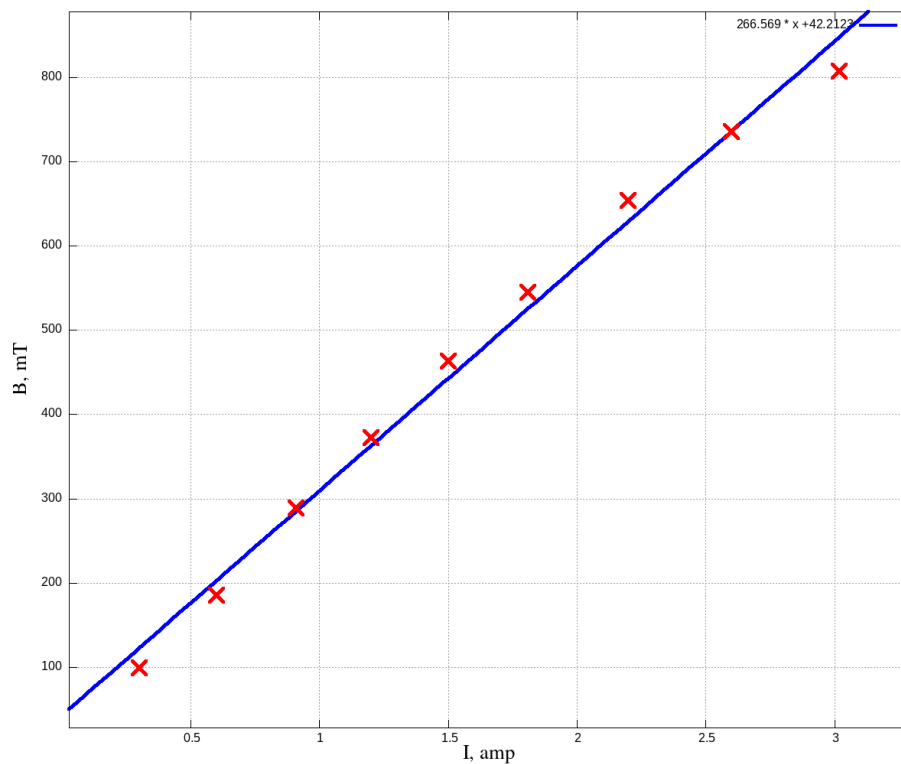


Рис. 1: График  $B(I)$

Результаты аппроксимации уравнением вида  $y = kx + b$ :

$$k = (266.7 \pm 42.2) \frac{mT}{amp}$$

$$b = (8.2 \pm 7.1)mT$$

Запишем параметры образцов:

	d, cm	m, g
<i>Al</i>	1,00	25,2
<i>Cu</i>	1,00	83,3
<i>Gr</i>	1,00	11,

Убедившись, что весы арретированы приступим к работе.

## 2.2 Измерения.

Будем измерять силу, действующую на образец в магнитном поле. Подвесим образец к весам, включим электромагнит и будем записывать показания. Результаты занесем в таблицу:

	Cu	Al	Gr
$B^2, T^2$	$\Delta m, \text{mg}$		
0.010	-1	0	7
0.034	-2	1	17
0.083	-4	4	25
0.139	-6	9	29
0.214	-8	14	30
0.297	-11	19	27
0.427	-15	28	16
0.541	-19	36	0
0.651	-24	46	-21

Получим значение силы, действующей со стороны магнитного поля на образцы в ходе эксперимента:

	Cu	Al	Gr
$B^2, T^2$	$F, \text{uN}$		
0.010	-9.8	0	68.6
0.034	-19.6	9.8	166.6
0.083	-39.2	429.2	245
0.139	-58.8	88.2	284.2
0.214	-78.4	137.2	294
0.297	-107.8	186.2	264.6
0.427	-147	274.4	156.8
0.541	-186.2	352.8	0
0.651	-235.2	250.8	-205.8

### 2.3 Обработка экспериментальных данных.

Построим графики зависимости  $|F|(B^2)$ :

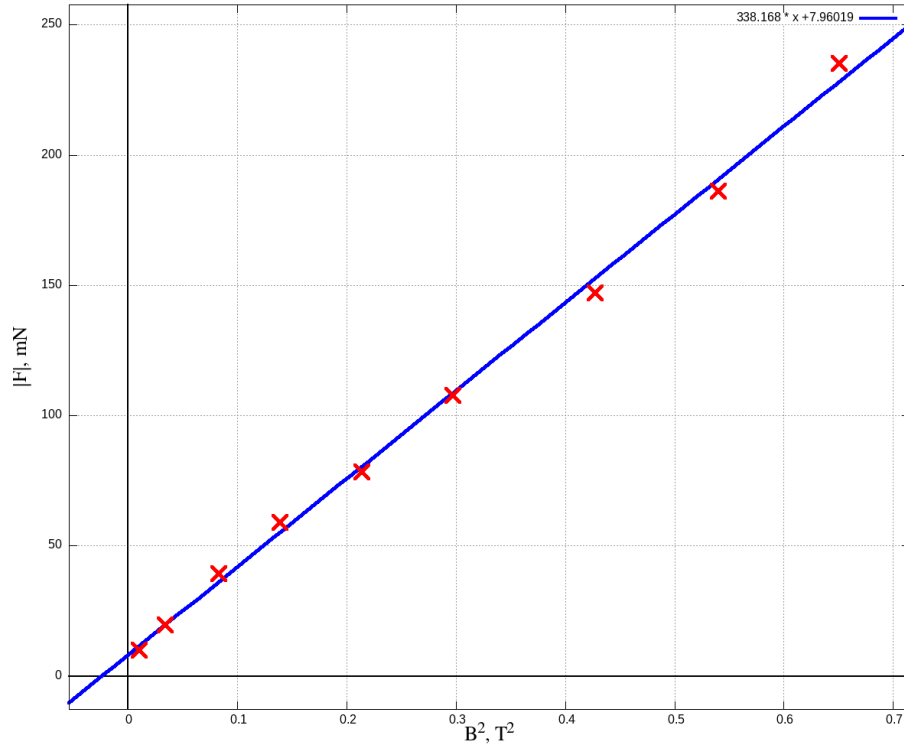


Рис. 2:  $|F|(B^2)$  для Cu

Результаты аппроксимации уравнением вида  $y = kx + b$ :

$$k = (338.2 \pm 10.9) \frac{uN}{T^2}$$

$$b = (-13.3 \pm 2.36) uN$$

Из формулы

$$F \simeq \chi \frac{B_0^2}{2\mu_0} S$$

Вычислим значение удельной магнитной восприимчивости  $\chi^m$  для Меди:

$$\chi^m = \frac{2\mu_0 F}{B_0^2 S \rho}$$

Взяв значение  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} H/m$ ,  $\rho_{Cu} = 8940 kg/m^3$  и учтя, что медный стержень выталкивался из магнита получим:

$$\chi_{Cu}^m = (-1.2 \pm 0.04) \cdot 10^{-9} m^3/kg$$

Это значение отличается от табличного ( $\chi_{Cu}^m = -0.086 \cdot 10^{-9} m^3/kg$ ) больше чем на погрешность измерения, однако всё ещё довольно близко. Это

может быть связано с неидеальность образца или тем что не была учтена погрешность измерения весов.

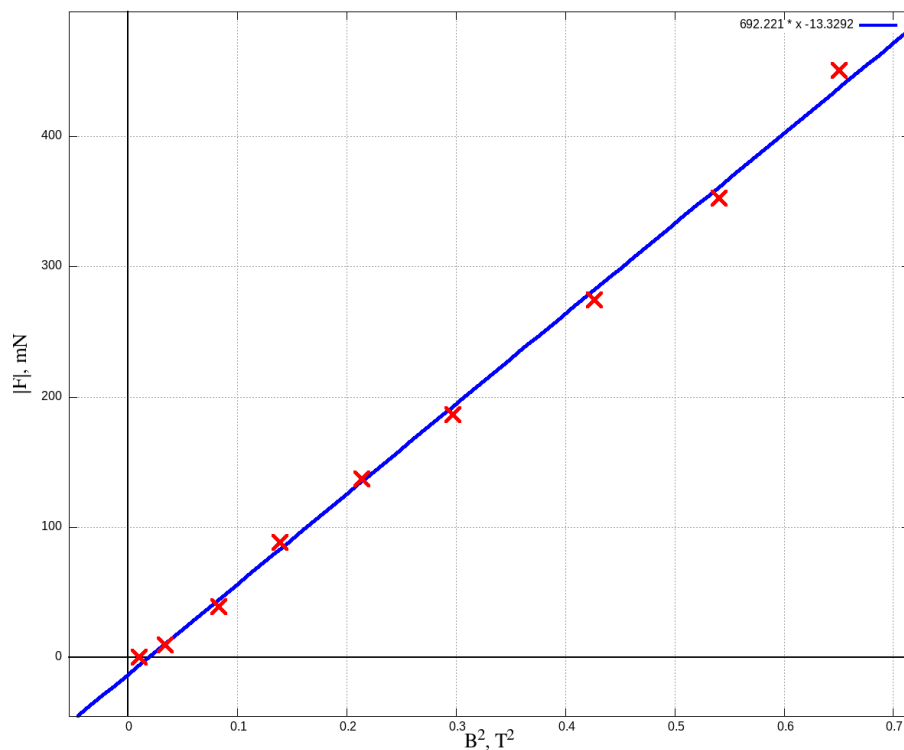


Рис. 3:  $|F|(B^2)$  для Al

Результаты аппроксимации уравнением вида  $y = kx + b$ :

$$k = (692.2 \pm 5.9) \frac{mN}{T^2}$$

$$b = (7.96 \pm 1.3) mN$$

Из формулы

$$F \simeq \chi \frac{B_0^2}{2\mu_0} S$$

Вычислим значение удельной магнитной восприимчивости  $\chi^m$  для алюминия:

$$\chi^m = \frac{2\mu_0 F}{B_0^2 S \rho}$$

Взяв значение  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} H/m$ ;  $\rho_{Cu} = 2700 kg/m^3$  и учтя, что алюминиевый стержень втягивался в магнит получим:

Разделим на плотность ( $\rho_{Cu} = 2700 kg/m^3$ ) и получим удельное значение:

$$\chi_{Al}^m = (+8.2 \pm 0.07) \cdot 10^{-6} m^3/kg$$

Это значение отличается от табличного ( $\chi_{Cu} = +0.61 \cdot 10^{-9} m^3/kg$ ) на 2 погрешности. Эту разницу можно объяснить неидеальностью образца и тем, что не была учтена погрешность измерения весов.

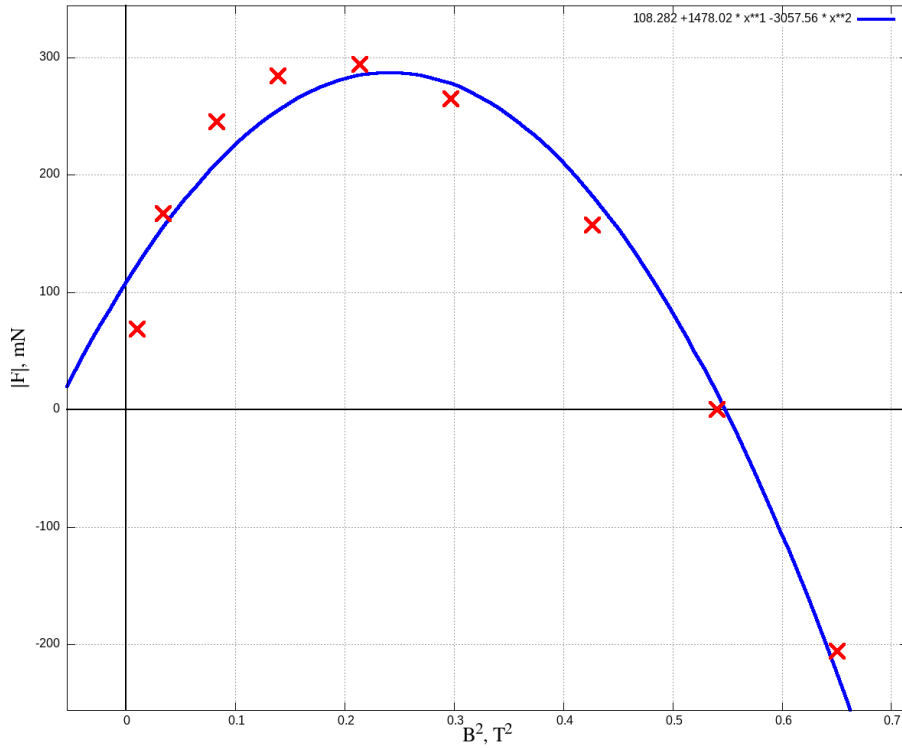


Рис. 4:  $|F|(B^2)$  для Gr

Результаты аппроксимации уравнением вида  $y = ax^2 + bx + c$ :

$$a = (-3057.56) \frac{uN}{T^4}$$

$$b = (1478.02) \frac{uN}{T^2}$$

$$c = (108.282) uN$$

Поведение же графита не поддаётся той же линейной аппроксимации и в неплохо описывается многочленом второй степени.

### 3 Выводы

1. Были вычислены значения удельной магнитной восприимчивости для меди и алюминия. Полученные значения отличаются от табличных больше чем хотелось бы. Это можно объяснить тем, что не была учтена погрешность даваемая весами. Однако данные всё ещё довольно точны и по ним можно сказать (по знаку  $\chi^m$ ), что медь относится к классу диамагнетиков, а алюминий - к классу парамагнетиков.
2. Было также обнаружено, что Графит ведёт себя координально другим образом относительно меди и алюминия. Сила действующая на него зависит квадратично от  $B^2$ . Что может свидетельствовать о том, что графит является не совсем обычным диа- или парамагнетиком. Возможно он обладает некоторыми ферромагнитными свойствами.