

### 3.4.1.(4.13) ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ДИА- И ПАРАМАГНЕТИКОВ

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ

9 августа 2015 г.

**В работе используются:** электромагнит, аналитические весы, милливеберметр, источник питания постоянного тока, образцы диа- и парамагнетиков.

**Экспериментальная установка.** Схема установки приведена на рис. 2.

Магнитное поле с максимальной индукцией  $\approx 1$  Т создаётся в зазоре электромагнита постоянным током. Диаметр полюсов существенно превосходит ширину зазора, поэтому поле в средней части зазора достаточно однородно. Величина тока, проходящего через обмотки электромагнита, регулируется при помощи источника питания GPR и измеряется амперметром А, встроенным в источник питания. Градуировка электромагнита (связь между индукцией магнитного поля  $B$  в зазоре электромагнита и силой тока  $I$  в его обмотках) производится при помощи милливеберметра.

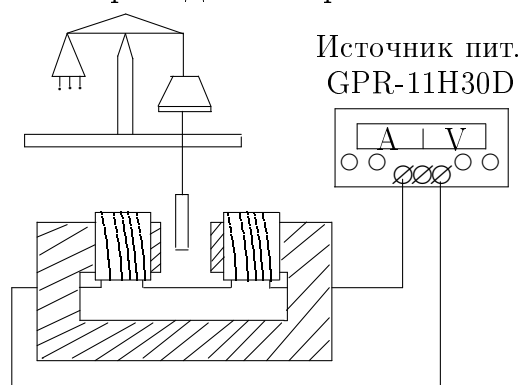


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

При измерениях образцы поочередно подвешиваются к аналитическим весам так, что один конец образца оказывается в зазоре электромагнита, а другой — вне зазора, где индукцией магнитного поля можно пренебречь. При помощи аналитических весов определяется перегрузка  $\Delta P = F$  — сила, действующая на образец со стороны магнитного поля.

Силы, действующие на диа- и парамагнитные образцы, очень малы. Небольшие примеси ферромагнетиков (сотые доли процента железа или никеля) способны кардинально изменить результат опыта, поэтому образцы были специально отобраны.

#### ЗАДАНИЕ

В работе предлагается исследовать зависимость силы, действующей на образец, размещённый в зазоре электромагнита, от величины поля в зазоре и по результатам измерений рассчитать магнитную восприимчивость меди и алюминия.

##### 1. Подготовка приборов к работе

1. Ознакомьтесь с экспериментальной установкой, изображённой на рис. 2, и техническим описанием источника питания.
2. Проверьте работу цепи питания магнита: для этого ПЕРЕД включением источника питания убедитесь в том, что

а) все регулировочные ручки источника питания установлены на минимум тока (поворот до упора против часовой стрелки);

**включать и отключать электромагнит следует ТОЛЬКО при минимальном токе;**

б) включите источник питания в сеть и установите обе ручки регулировки НАПРЯЖЕНИЯ на максимум;

в) для увеличения тока через магнит сначала выводите ручку плавной регулировки ТОКА «FINE» до максимума, потом ручку грубой регулировки «COARSE» (уменьшение тока осуществляется в обратном порядке).

Определите максимально возможный ток через магнит  $I_{\max}$  (1,2 А или 3,2 А для разных магнитов) и уберите ток до нуля.

## II. Калибровка магнита [ $B = f(I)$ ]

3. Ознакомьтесь с описанием милливеберметра (ТО расположено на установке).
4. Определите зависимость индукции  $B$  в зазоре от тока, протекающего через обмотки магнита.

Для этого при небольшом токе через магнит (0,2–0,3 А) разместите пробную катушку милливеберметра в зазоре и отметьте начальное положение стрелки милливеберметра. Быстро удалите катушку из зазора в область нулевого поля. Разность показаний милливеберметра определяет поток  $\Phi$  вектора магнитной индукции сквозь сечение катушки, находившейся в зазоре ( $\Phi = BSN$ ). Произведение площади сечения катушки  $S$  на число  $N$  витков в ней указано на установке.

Проведите измерения потока  $\Phi$  для 7–8 значений тока  $I$  с примерно равными интервалами  $\Delta I$  в диапазоне от 0 до  $I_{\max}$ .

Закончив градуировку, уберите ток до нуля сначала ручкой грубой регулировки тока, затем плавной.

## III. Измерение сил, действующих на образец в магнитном поле

5. Убедитесь, что весы арретированы.

**Весы следует арретировать перед КАЖДЫМ изменением тока.**

При нулевом токе через электромагнит осторожно подвесьте к весам один из образцов так, чтобы он не касался наконечников электромагнита.

Установите на весах примерное значение массы образца (масса  $m$ , диаметр  $d$  и максимальное значение перегрузки  $\Delta P_{\max}$  для каждого образца указаны на установке). Освободите весы и добейтесь точного равновесия весов. Запишите измеренную величину — она будет точкой отсчёта при измерениях сил, действующих на образец при различных токах в обмотках электромагнита.

Снова арретируйте весы. Установите минимальное из выбранных при калибровке магнита значение тока  $I_{\min}$  (см. п. 4) и проведите измерение равновесного значения массы.

Повторите измерения  $m = f(I)$  для 6–8 других значений тока в диапазоне от  $I_{\min}$  до  $I_{\max}$ .

6. Повторите измерения п. 5 для другого образца (не забудьте, что перегрузка меняет знак).
7. Запишите параметры образцов, пробной катушки и характеристики приборов.
8. Уберите ток до нуля и отключите источник питания.

## Обработка результатов

1. Рассчитайте поле  $B$  и постройте градуировочную кривую для электромагнита:  $B = f(I)$ .
2. Постройте на одном листе графики  $|\Delta P| = f(B^2)$  для меди и алюминия. По наклонам полученных прямых рассчитайте величину  $\chi$  с помощью формулы (4):

$$\Delta P = F = \frac{\chi B^2 s}{2\mu_0}. \quad (4)$$

3. Оцените погрешности и сравните результаты с табличными.

9-VIII-2015 г.