

## ***Вращение плоскости поляризации в магнитном поле (эффект Фарадея).***

### **Цель работы:**

- изучить явление вращения плоскости поляризации света магнитным полем (явление Фарадея).

### **Решаемые задачи:**

- пронаблюдать зависимость угла вращения плоскости поляризации оптически неактивным веществом (стекло типа флинт) в магнитном поле;

- определить углы вращения плоскости поляризации для различных значений индукции магнитного поля  $B$ .

В 1846 г. Фарадей обнаружил вращение плоскости поляризации в так называемых оптически неактивных веществах, помещенных в сильное постоянное магнитное поле. Это явление наблюдается при распространении света вдоль направления намагниченности и называется эффектом Фарадея. Исторически наблюдения Фарадея были первым свидетельством того, что оптические и магнитные явления взаимосвязаны.

Опыты Фарадея, а затем более точные измерения Верде, показали, что угол  $\varphi$  поворота плоскости поляризации пропорционален длине пути света в веществе  $l$  и индукции внешнего магнитного поля  $B$  в веществе:

$$\varphi = R \cdot l \cdot B \quad , \quad (1)$$

где коэффициент  $R$  называется постоянной Верде. Этот коэффициент зависит от рода вещества, физических условий и длины волны.

Зависимость постоянной Верде от длины волны имеет вид:

$$R = A/\lambda^2 + C/\lambda^4 \quad , \quad (2)$$

где  $A$  и  $C$  – некоторые константы.

Вещества, поворачивающие плоскость поляризации по часовой стрелке для наблюдателя, смотрящего в направлении магнитного поля, условились считать *положительными*, а против часовой стрелки - *отрицательными*.

Характерной особенностью магнитного вращения плоскости поляризации является то, что направление вращения связано только с направлением магнитного поля и не зависит от направления распространения света. Этот факт можно использовать для усиления наблюдаемого эффекта за счет удлинения пути светового луча в веществе при многократном отражении.

### **Оптические элементы и аппаратура :**

- ✓ малая оптическая скамья (1);
- ✓ осветитель (галогенная лампа в корпусе) (2) и блок питания (3);
- ✓ держатель и тепловой фильтр (4);
- ✓ мультиметр (5);
- ✓ поляроиды – поляризатор (6) и анализатор (8);
- ✓ полупрозрачное зеркало (7);
- ✓ обмотки электромагнита (9);

- ✓ магнит (10);
- ✓ зеркало (11);
- ✓ образец (стекло типа флинт) (12);
- ✓ Combi B-Sensor S (1, рис.2);
- ✓ Mobil CASSY Lab (2, рис.2);
- ✓ кабель (3, рис.2);
- ✓ светофильтры на разные длины волн (входят в комплект и устанавливаются в держателе 4).

Общий вид установки приведен на рис. 1.

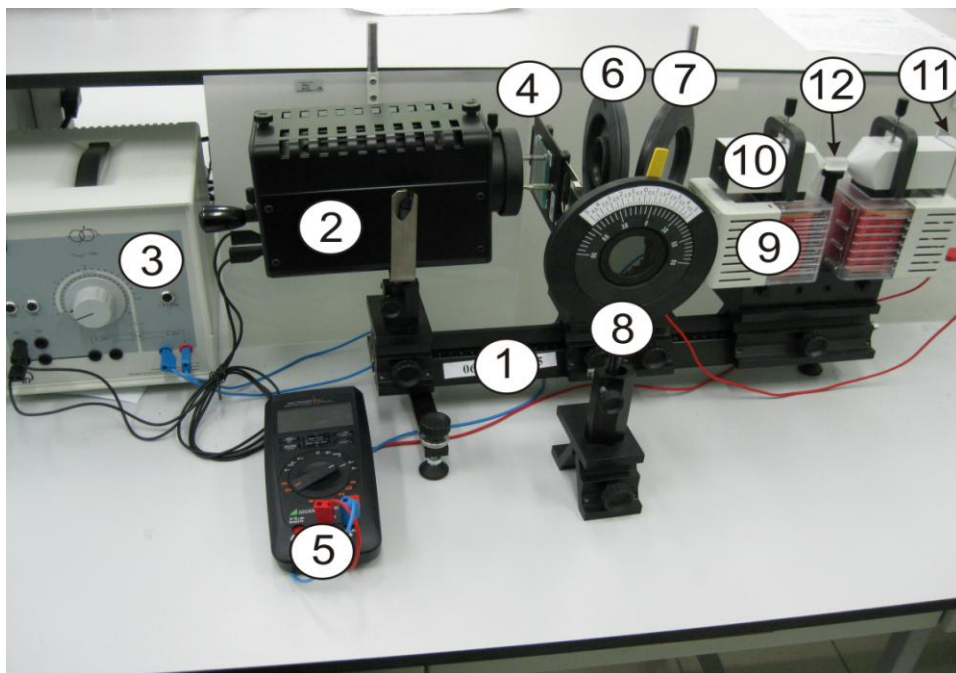


Рис. 1 . Схема экспериментальной установки.

Свет от источника (2) проходит через цветной и тепловой фильтры, закрепленные в держателе (4) (фильтр голубоватого оттенка, стационарно закрепленный в держателе, является тепловым), поляризатор (6), полупрозрачное зеркало (7), отверстия в магните (10), образец — стекло типа флинт (12) и отражается от зеркала (11), которое поворачивает пучок в обратную сторону. Луч вновь проходит через образец, затем отражается от полупрозрачного зеркала (7) и проходит через анализатор (8). Со стороны анализатора проводится визуальное наблюдение освещенности поля зрения. Таким образом, в данной установке свет проходит образец (флинт) *дважды*, при этом угол поворота плоскости поляризации увеличивается, и точность измерений возрастает.

Магнитное поле в зазоре электромагнита создается током, проходящем от блока питания (3) через его обмотки (9). Сила тока измеряется мультиметром (5). Величину индукции магнитного поля  $B$  можно изменять, меняя силу тока поворотом регулятора на панели блока питания. Индукция магнитного поля измеряется прибором Mobil CASSY Lab (2 на рис.2 и рис.4). Датчик магнитного поля находится на конце зонда прибора Combi B-Sensor S (1 на рис.2).

## Порядок выполнения работы.

### Упражнение 1. Калибровка магнитного поля.

- Установите регулятор блока питания (3) в нулевое положение.
- Включите блок питания (3).
- Уберите образец (12) с предметного столика.
- Соедините Combi B-Sensor S (1) с Mobil CASSY (2) кабелем (3) (рис. 2).

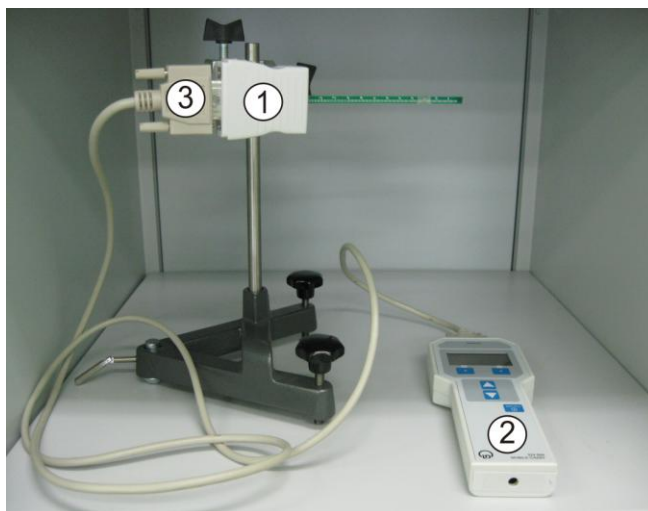


Рис. 2 . Combi B-Sensor S с Mobil CASSY

- Расположите зонд датчика Combi B-Sensor S между полюсами магнита как на рис. 3.

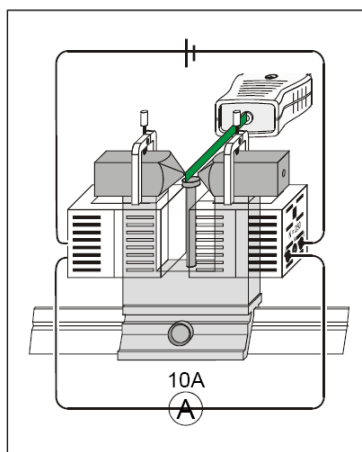


Рис.3. Схема калибровки магнитного поля.

- Включите сенсор Mobil CASSY, нажав клавишу 1 (рис. 4). Прибор показывает фоновое магнитное поле, обусловленное внешними магнитными полями. При дальнейших измерениях индукции магнитного поля это значение следует вычитать из всех полученных величин  $B$ .

- Меняя силу тока  $I$  через обмотку электромагнита от 0 до 10А с шагом в 1А, зафиксируйте значения индукции магнитного поля  $B$  для различных  $I$ .

- Выключите сенсор Mobil CASSY. Замечание. Сенсор Mobil CASSY выключается последовательным нажатием двух клавиш – 1 и 2 (рис 4).

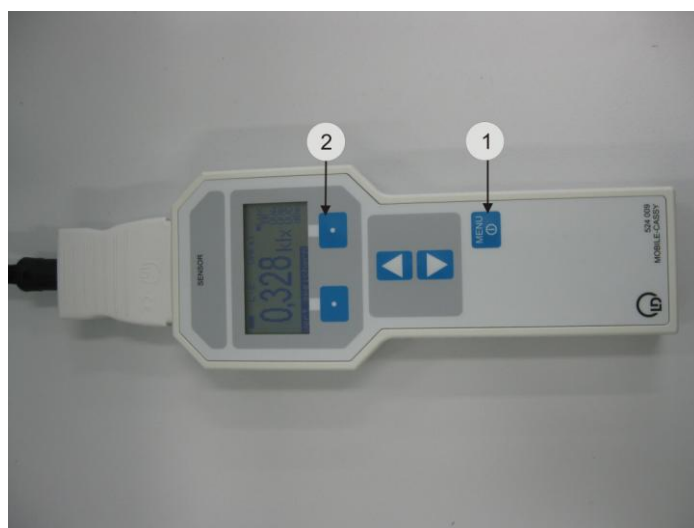


Рис 4. Сенсор Mobil CASSY

- Уберите зонд датчика Combi B-Sensor S из магнитного поля.
- Отключите блок питания.
- Постройте график зависимости  $B(I)$ .
- Установите регулятор блока питания (3) в нулевое положение.

**Упражнение 2. Исследование зависимости угла поворота плоскости поляризации  $\varphi$  от величины индукции магнитного поля  $B$ .**

- Включите блок питания.
- Вставьте зеленый фильтр в держатель слайдов.
- Поместите флинт на предметный столик (12, рис. 1).
- Установите поляризатор (6) в положение  $90^0$ .
- Установите полупрозрачное зеркало (7, рис.1) под углом  $45^0$  к оси установки, чтобы в нем можно было наблюдать отверстие в полюсах магнита.
- Поворачивая анализатор, найдите минимум интенсивности света, проходящего через систему (скрестите поляризатор и анализатор).
- Определите угол ориентации анализатора  $\varphi_0$ ,

*Примечание.* Определение угла ориентации анализатора производится по шкалам лимба и нониуса, находящимся на оправе анализатора (рис.5). По шкале лимба угол определяется с точностью до  $5^0$ . Цена деления шкалы нониуса равна  $0,25^0$ . Шкала нониуса имеет левую и правую от нуля части. Если нуль шкалы нониуса находится *левее* нуля шкалы лимба, то отсчет по шкале нониуса производится по *левой* от нуля части шкалы, если *правее* – то по *правой*.

Сначала определите целое число делений лимба, укладывающихся между нулем лимба и нулем нониуса. По этому числу делений определяется угол с точностью до  $5^0$ . Затем найдите деление нониуса, которое совпадает с делением лимба. Число градусов, стоящее против этого деления нониуса, прибавляется к полученному по лимбу значению. Так, на рис.5 угол поворота анализатора составляет  $7,5^0$ .

- По калибровочному графику  $B(I)$ , построенному в первом упражнении, выставьте ток через обмотку электромагнита так, чтобы индукция магнитного поля  $B$  была  $\sim 60$  мТл. При этом плоскость поляризации повернется, через систему будет проходить свет и поле зрения светлеет.

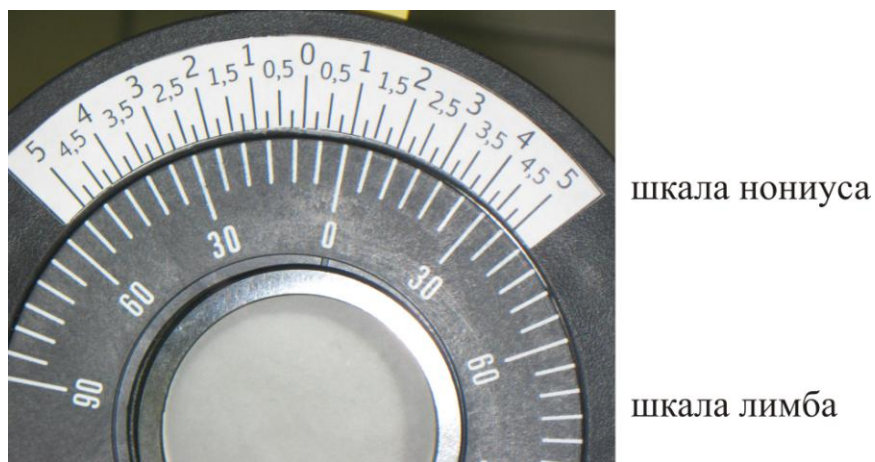


Рис. 5. Шкалы лимба и нониуса анализатора

- Вновь найдите минимум интенсивности путем поворота анализатора. По шкале и нониусу измерьте угол  $\varphi_1'$ , и определите угол поворота плоскости поляризации магнитным полем как:

$$\varphi_1 = \varphi_1' - \varphi_0.$$

- Проведите аналогичные измерения  $\varphi_2, \varphi_3, \dots, \varphi_n$  для других значений индукции магнитного поля  $B$  с шагом 25 мТл, варьируя ток через электромагнит.

- Постройте график зависимости  $\varphi(B)$ .

### Контрольные вопросы :

1. Виды поляризации света. Закон Малюса.
2. Вращение плоскости поляризации в магнитном поле (эффект Фарадея).
3. Анализ результатов эксперимента, проведенного в данной работе.

### Литература:

1. Ландсберг Г.С. Оптика, Изд.6, М., Физматлит, 2006. §§ 101, 102, 104–106, 163–169.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. т.4. Оптика. Изд.3. М., Физматлит, 2005. §§ 62, 94, 95/
3. Савельев И.В. Курс общей физики. Книга 5. М.,: Астрель·АСТ, 2006. §§ 6.1; 6.3; 6.8.
4. Бутиков Е.И. Оптика. Изд.2, С-Пб., Невский диалект, 2003. §§ 1.2; 2.8.
5. Годжаев Н.М. Оптика., М., Высшая школа, 1977. Глава IX, глава XII (§ 5, 6).



