

НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»



**АТОМ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ. ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТА
ЗЕЕМАНА.**

ФКЛ-2М-1

ПАСПОРТ.

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ.

2011 г.

1. Назначение.

Установка предназначена для проведения лабораторных работ по курсу "ФИЗИКА" в высших учебных заведениях.

Лабораторный модуль предназначен для постановки лабораторных работ по разделу «Электричество и магнетизм», «Квантовая и атомная физика» в физическом практикуме ВУЗов. Все элементы модуля выполнены в едином настроенном блоке и в процессе эксплуатации не требуют вмешательства пользователя.

Установка выполнена в климатическом исполнении УХЛ, категория 4.2 ГОСТ 15150-69 для эксплуатации в помещении при температуре от 10°C до 40°C и относительной влажности до 80 %.

2. Технические условия и комплектующие.

Напряжение питания	220 В
Потребляемая мощность	не более 370 Вт
Максимальный ток	не более 5 А
Условия эксплуатации	температура 10-40 °С при нормальном атмосферном давлении.

Учебная установка конструктивно состоит из нескольких элементов, конструктивно объединенных в одном корпусе:

- объекта исследования — газоразрядная лампа типа ДРСк-125
- стабилизированного источника питания, подающего питание нужной полярности и значения на все элементы схемы;
- схемы контроля необходимых параметров

3. Устройство и принцип работы.

Лабораторная работа выполняется на комбинированном учебном комплексе ФКЛ-2М-1К, имеющим сопряжение с ПК, но допускающим ручной (автономный) режим работы. Все параметры эксперимента, установленные и измеренные значения параметров выводятся в соответствующие окна программы - оболочки для работы с установкой – LabVisual 2.5 и дублируются на ЖКД LCD дисплее учебной установки. Лабораторный комплекс может работать как в сопряжении с ПК, так и в ручном режиме работы, для которого не требуется наличие компьютера.

В данной работе зеемановское расщепление изучается на спектральных линиях атомов ртути. В спектрах этих атомов имеется система синглетных и триплетных линий, что позволяет с одним источником изучать как простой эффект, так и сложный эффект Зеемана.

Принципиальная схема опыта изображена на рис. 5.1.

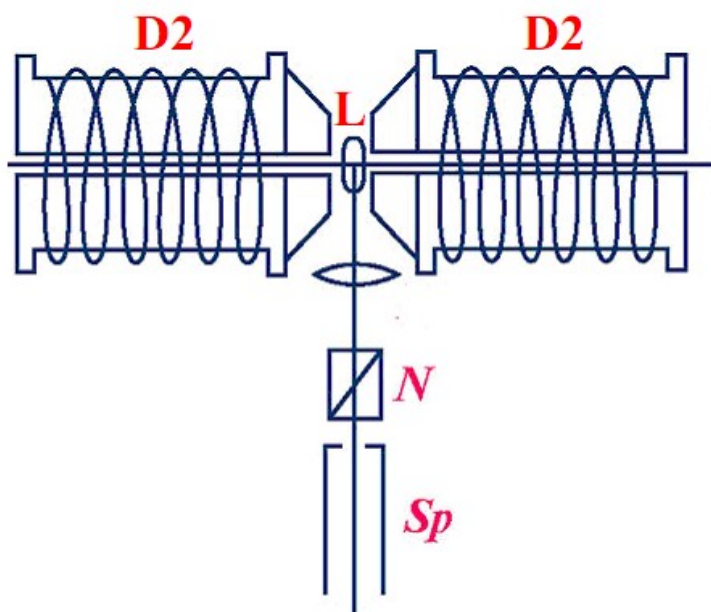


Рис. 5.1. Схема опыта для изучения эффекта Зеемана.

Источник света ртутная газоразрядная лампа ДРСк-125 (L) помещается между полюсами электромагнитов-дросселей D1 и D1, пропускание тока через которые в импульсном режиме дает некоторое магнитное поле в зазоре между ними. Работа оптической части (линзы-конденсора и плоскопараллельной пластины N) заменяется моделью фотоприемника SP, максимальная чувствительность которого изменяется в зависимости от подачи на него различного напряжения смещения, что позволяет развернуть спектрограмму по длине волны и получить зависимость интенсивности спектральной линии I от длины волны λ : $I=I(\lambda)$. Напряжение на фотоприемнике уже проградуировано в длинах волн.

Пульт управления содержит два переключателя «СЕТЬ»: аналоговая часть и цифровая часть. В начале работы следует включить источник света — ртутную газоразрядную лампы, используя переключатель «СЕТЬ. АНАЛОГОВАЯ ЧАСТЬ». После 3 — 5 минутного прогрева лампы включается цифровая часть цепей питания прибора нажатием клавиши «СЕТЬ. ЦИФРОВАЯ ЧАСТЬ». Это сделано для исключения влияния паразитных переходных процессов во время включения лампы на микропроцессорную систему управления учебной установкой.

После включения цифровой части и появления на ЖКД дисплее надписи «CONNECTING...», лабораторный комплекс необходимо проинициализировать. Сделать это возможно непосредственно с учебной установки, нажимая и удерживая кнопку «ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ/USB» до тех пор, пока индикатор уровня инициализации на ЖКД экране не достигнет правого конца дисплея, либо с помощью программы управления учебной установкой LabVisual 2.5. Для этого, после включения цифровой части и появления сообщения «CONNECTING...» на ЖКД LCD дисплее учебного прибора, можно подключить прибор к USB – порту ПК и однократно нажать кнопку «СТАРТ» в программе-оболочке LabVisual (кнопка используется для конфигурации устройства сразу после включения). При этом начнется процесс инициализации.

После проведения инициализации, USB передатчик учебной установки отключается и прибор переходит в автономный режим работы без ПК «USB OFF». Для включения USB в приборе и последующей работы с программой приема и обработки данных LabVisual, либо для отключения USB и работы в ручном режиме, следует нажимать кнопку «ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ/USB». Это сделано для исключения влияния паразитных наводок в ручном режиме работы, так как если в ручном режиме оставлять приемник-передатчик USB включенным, то возможен приход незапланированных команд управления.

Эксперимент состоит из двух частей. При помощи многофункциональных кнопок «РЕЖИМ РАБОТЫ», расположенных на передней панели лабораторного модуля имеется возможность выбрать необходимый опыт: 1) EXPERIMENT N1 «НОРМАЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ ЗЕЕМАНА», ПЕРЕХОД 6D→6P; 2) EXPERIMENT N2 «АНОМАЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ ЗЕЕМАНА», ПЕРЕХОД 7S→6P

Для начала эксперимента выберите многофункциональной кнопкой «РЕЖИМ РАБОТЫ. ВЫБОР/ESC» планируемый эксперимент (переведите курсор на ЖКД дисплее в соответствующее положение), и начните опыт, нажав клавишу «РЕЖИМ РАБОТЫ. ВХОД/ПОЛЕ». Переключение магнитного поля в опыте осуществляется нажатием кнопки «РЕЖИМ РАБОТЫ. ВХОД/ПОЛЕ», сканирование спектра проводится с помощью кнопок «ДЛИНА ВОЛНЫ». При этом на ЖКД дисплее прибора и программы-оболочки LabVisual в автоматизированном варианте работы отображаются все установленные и измеренные параметры. Удерживание кнопок «ДЛИНА ВОЛНЫ» позволяет плавно сканировать весь спектр в заранее предустановленной области для данной длины волны и получить спектрограммы источника излу-

ния в отсутствие поля $B=0$, при поле $B=0,7$ Тл и при поле $B=1$ Тл. Для выхода из текущего эксперимента используется клавиша «РЕЖИМ РАБОТЫ. ВЫБОР/ESC».

Нормальный эффект Зеемана изучается на длине волны $\lambda=579,066$ нм, излучающий переход $6^1D_2 \rightarrow 6^1P_1$. Так как переход осуществляется между синглетными уровнями, в магнитном поле мы наблюдаем расщепление, соответствующее простому эффекту Зеемана, схема расщепления которого показана на рис. 4.2. Спектрограммы, получаемые в данном эксперименте на лабораторной установке в отсутствие поля и при наличии магнитного поля, показаны на рис. 5.2.

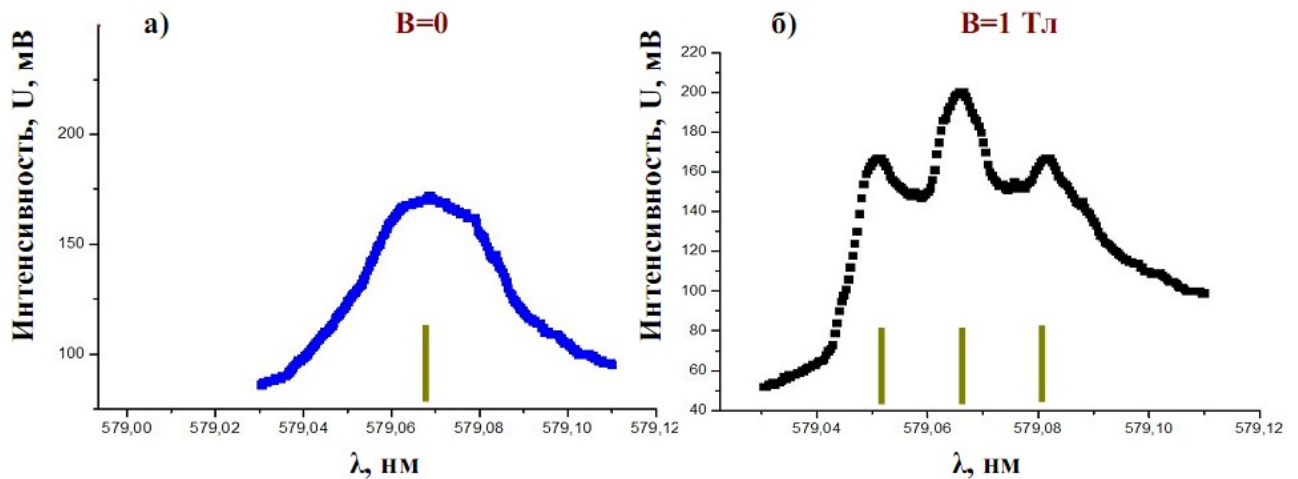


Рис. 5.2. Спектрограмма линии 579,066 нм в отсутствие поля $B=0$ а); Зеемановское расщепление той же линии при поле 1 Тл б)

В отсутствие поля на спектрограмме наблюдается размытый широкий пик, с центром $\lambda=579,066$ нм. При включении магнитного поля появляются три пика, соответствующие Зеемановскому расщеплению. Рассчитав графически положения этих пиков на спектрограмме и оценив экспериментальное смещение $\delta\omega_0=\omega'-\omega_0$ относительно несмещенной линии ω_0 можно определить по формуле (4.8) значение магнетона бора μ_B , а затем, согласно (2.4) рассчитать удельный заряд электрона. При работе с длинами волн, следует учитывать, что $\lambda = \frac{2\pi c}{\omega}$; $\delta\lambda = \frac{-2\pi c}{\omega^2} \cdot \delta\omega$ и при расчетах следует пользоваться формулой (3.9) для лоренцевого смещения.

Аномальный эффект Зеемана наблюдается на зеленой линии ртути длиной волны 546,074 нм, формируемой переходами $7^3S_1 \rightarrow 6^3P_2$.

В слабом магнитном поле верхний уровень расщепляется на 3 подуровня, нижний на 5 подуровней в соответствии с квантовым числом m_j проекции момента импульса атома. Схема расщепления в данном случае и возможные переходы с учетом правил отбора показаны на рис. 5.3. Переход $m_j=0 \rightarrow m_j=0$ соответствует несмещенной линии $\lambda_0=546,074$ нм.

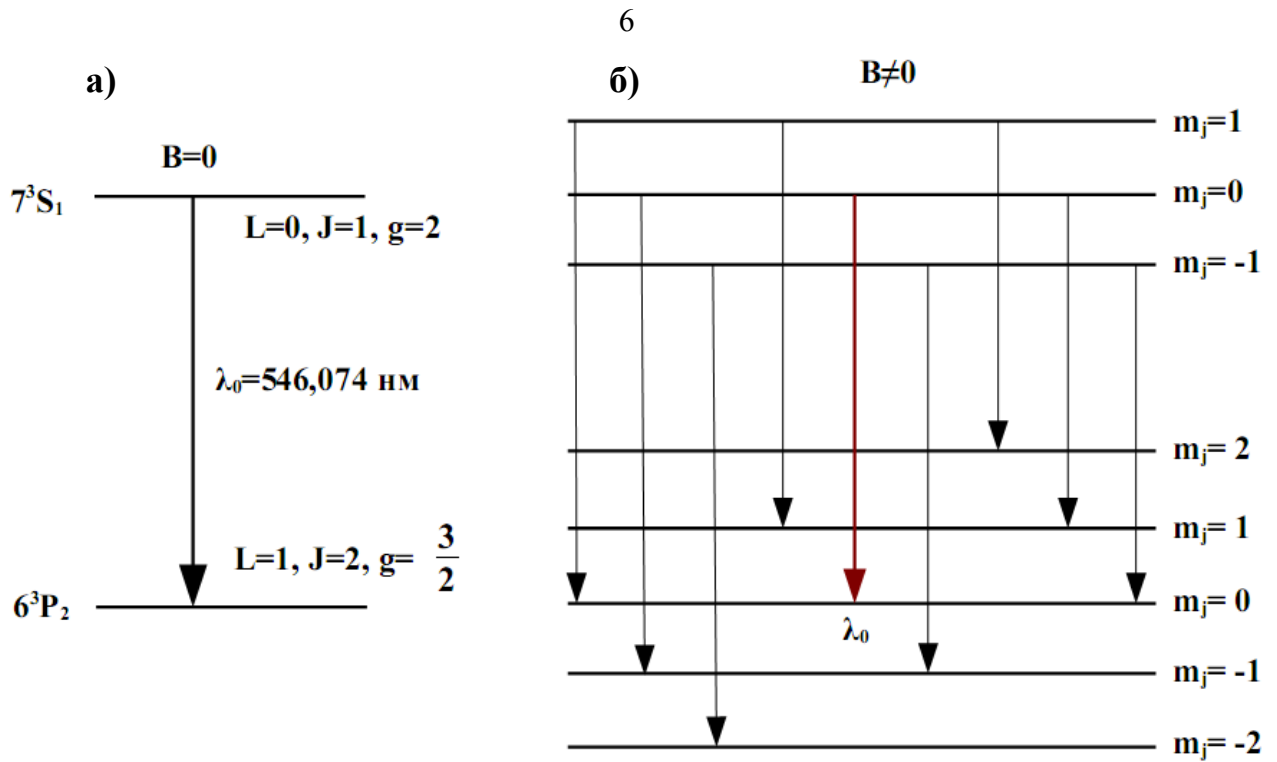


Рис. 5.3. Схема перехода $7^3S_1 \rightarrow 6^3P_2$ зеленой линии ртути 546,074 нм в отсутствие магнитного поля а); расщепление энергетических уровней в слабом магнитном поле б).

Таким образом, с учетом правил отбора (4.3) получаем 9 компонент. Формула (4.6) и диаграмма переходов рис. 5.3 б) позволяет теоретически рассчитать положение зеемановских компонент относительно несмещенной линии и сравнить их положение с экспериментально наблюдаемыми на спектрограмме пиками. Экспериментальное смещение того или иного компонента будет определяться как $\Delta\lambda_0 = \lambda' - \lambda_0$, где λ_0 - несмещенная линия, соответствующая переходу $m_j=0 \rightarrow m_j=0$, λ' - положение данного пика на спектрограмме. Теоретически даваемый результат получается из формулы (4.6) с заменой

$$\lambda = \frac{2\pi c}{\omega}; \quad \delta\lambda = \frac{-2\pi c}{\omega^2} \cdot \delta\omega :$$

$$\Delta\lambda = (m_2g_2 - m_1g_1) \cdot \delta\lambda = \frac{\mu_B B}{2\pi c \hbar} \lambda^2 \cdot (m_2g_2 - m_1g_1)$$

(5.1)

где m_2, m_1 – квантовые числа m_j соответственно верхнего 7^3S_1 и нижнего 6^3P_2 уровней, которые, согласно диаграмме рис. 5.3 б) могут принимать значения $m_2 = \{1, 0, -1\}$, $m_1 = \{2, 1, 0, -1, -2\}$; $g_2 = 2$, $g_1 = \frac{3}{2}$ - факторы Ланде соответственно верхнего и нижнего уровней.

Формула (5.1) также позволяет из эксперимента рассчитать значение магнетона Бора μ_B , а затем, согласно (2.4) рассчитать удельный заряд электрона.

Спектрограммы для зеленой линии ртути 546,074 нм, получаемые на учебном приборе в отсутствие поля и при приложении слабого магнитного поля, представлены на рис. 5.4.

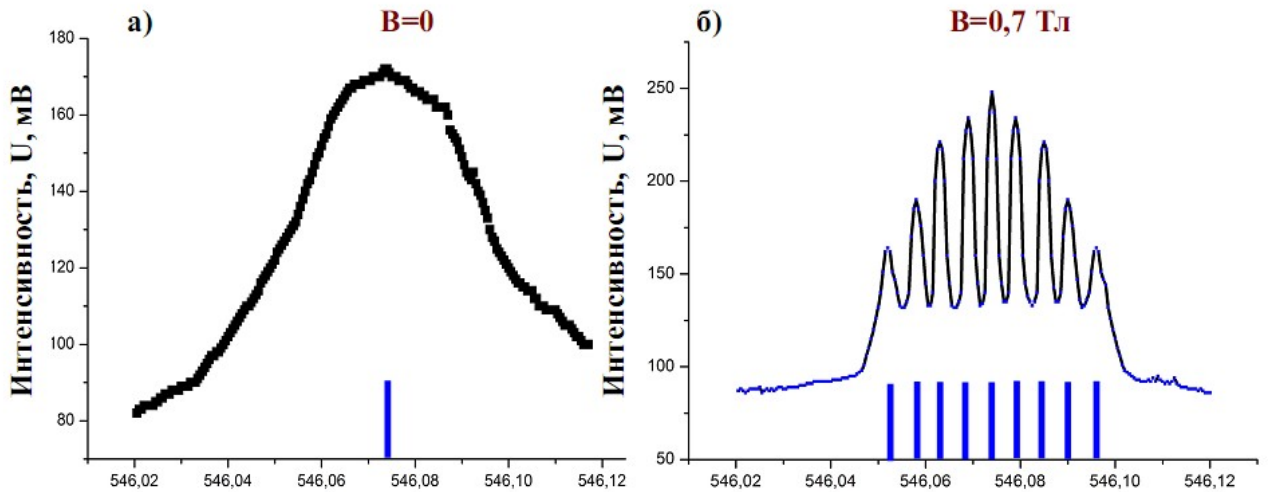


Рис. 5.4. Спектрограмма зеленой линии ртути 546,074 нм в отсутствие поля $B=0$ а); сложный эффект Зеемана для той же линии при поле 0,7 Тл б).

4. Порядок выполнения.

1. Перед подключением проверить целостность всех соединительных и сетевых проводов. **Осветитель питается только от источника питания, запрещается подключать осветитель напрямую в сеть!** При работе должны быть подключены и работать охлаждающие вентиляторы блока питания и осветителя.
2. Подключить выходы «ЛАМПА» и «ПЛАТА УПРАВЛЕНИЯ» источника питания к соответствующим входам осветителя проводами из комплекта.
3. Перед включением установки в сеть рекомендуется открыть дверцу защитного кожуха и рассмотреть конструкцию опыта.
4. Провести необходимые эксперименты и расчёты согласно методическому руководству.
5. По окончании работы отключить установку от сети, поставив переключатель «СЕТЬ» в положение «ВЫКЛ» и вынуть сетевую вилку из розетки.

6. Меры предосторожности.

В установке используется опасное для жизни сетевое и высоковольтное напряжение, поэтому работа с установкой требует повышенных мер предосторожности. Запрещается эксплуатация устройства в помещениях с повышенной влажностью. Запрещается включать устройство в сеть в разобранном виде, также запрещена эксплуатация блока со снятой крышкой.

Ртутные лампы являются мощными источниками света в ультрафиолетовой области спектра, поэтому следует избегать попадания прямого светового потока излучения от ламп в глаза и длительного облучения кожи. Включать ТОЛЬКО в закрытом защитном кожухе!

Таким образом, эксплуатация лабораторного модуля является полностью безопасной, при соблюдении обычных мер предосторожности в учебных лабораториях (проверка изоляции соединительных проводов, шнуров и т.п.). Снятие крышки могут производить лишь компетентные сотрудники, т. к. модуль питается переменным сетевым напряжением ~ 220 В.

7. Гарантийные обязательства

Предприятие-изготовитель НПО Учебной Техники «ТулаНаучПрибор» гарантирует бесперебойную работу установки не менее **12 месяцев** с момента передачи изделия заказчику. В случае обнаружения некачественности изделия, не связанного с почтовыми форс-мажорными обстоятельствами, грузополучатель обязан незамедлительно сообщить поставщику об этом, указав, в чем заключается неисправность.

Гарантия не распространяется на изделия, вышедшие из строя по вине грузополучателя, вследствие включения устройства в сеть с не соответствующим номинальным значениям параметров питающей сети, не обеспечивающим нормальный режим работы устройства.

Гарантийный ремонт не производится, претензии по качеству не принимаются в случаях: а) отсутствие гарантийного талона (паспорта изделия); б) при нарушении пломб, наличии следов вскрытия, попытки вскрытия (например, сорванные шлицы винтов, следы на корпусе, неправильная сборка), проведения предварительного ремонта самим пользователем, внесение изменений в конструкцию, использование принадлежностей, не предусмотренных изготовителем. в) следов термических, либо химических воздействий. г) небрежного технического обслуживания и эксплуатации, попадания посторонних предметов в узлы инструмента или их загрязнения, а так же в случаях эксплуатации изделия с нарушениями указаний технического паспорта, руководства по эксплуатации и дополнений продавца к руководству по эксплуатации.

Гарантия не распространяется: а) на неисправности, возникшие в результате несообщения о первоначальной неисправности; б) на неисправности, возникшие в результате нарушений инструкций и рекомендаций, содержащихся в руководстве по эксплуатации и дополнений продавца к руководству по эксплуатации; в) на изделие, которое подвергалось ремонту и конструктивным изменениям не уполномоченными на то лицами; г) на неисправности, вызванными транспортными повреждениями, небрежным обращением, или плохим уходом, не правильным использованием; д) на детали, являющиеся изнашиваемыми и расходными материалами (в том числе на спектральные лампы, срок службы которых напрямую зависит от частоты включений в времени использования, тем не менее, для проверки целостности и работоспособности ламп дается срок 14 дней); е) на внешние механические повреждения, вызванные эксплуатацией; ж) на такие виды работ, как регулировка, чистка и прочий уход за изделием, оговоренный в руководстве по эксплуатации; з) при использовании изделия не по назначению.

По истечении гарантийного срока, ремонт изделия осуществляется за отдельную плату.

Настоящий паспорт служит основанием для ремонта изделия при обнаружении неисправностей в течение всего гарантийного срока. Претензии по качеству и комплектности продукции принимаются по адресу: Россия, 300016, г. Тула, ул. Театральный пер., 2-12, НПО ТулаНаучПрибор, Панкову С. Е. Тел. 8-910-585-55-02; e-mail: physexperiment@narod.ru, web-страница: <http://www.physexperiment.narod.ru>

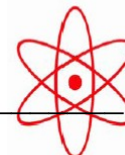
Производственное Объединение учебной техники «ТулаНаучПрибор»

Заказчик:

« » _____ 20__ г.

Исполнитель:

Панков С. Е.



« » _____ 20__ г.

Разработано и изготовлено: НПО Учебной Техники «ТулаНаучПрибор»,
Россия, г. Тула